

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表平7-502251

第3部門第1区分

(43)公表日 平成7年(1995)3月9日

(51)Int.Cl.*
C 01 B 31/02

識別記号 101 Z
7003-4G
7003-4G

F I

審査請求 未請求 予偏審査請求 有 (全 6 頁)

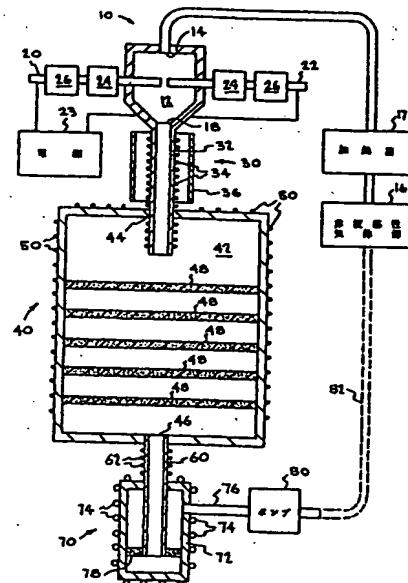
(21)出願番号 特願平5-511744
(86) (22)出願日 平成4年(1992)12月16日
(85)翻訳文提出日 平成6年(1994)6月23日
(86)国際出願番号 PCT/US92/10893
(87)国際公開番号 WO93/13014
(87)国際公開日 平成5年(1993)7月8日
(31)優先権主張番号 814.721
(32)優先日 1991年12月24日
(33)優先権主張国 米国(US)
(81)指定国 E P (A T, B E, C H, D E,
D K, E S, F R, G B, G R, I E, I T, L U, M
C, N L, P T, S E), A U, C A, J P, K R

(71)出願人 エス・アール・アイ・インターナショナル
アメリカ合衆国カリフォルニア州
94025-3493 メンロ・パーク、レイヴン
ズウッド・アヴェニュ 333
(72)発明者 ロレンツ・ドナルド・シー
アメリカ合衆国カリフォルニア州 94306
パロ・アルト、カウバー・ストリート
3112
(72)発明者 マルホトラ、リブダマン
アメリカ合衆国カリフォルニア州 94070
サン・カルロス、シーダー・ストリート
17
(74)代理人 弁理士 川原田 一穂

(54)【発明の名称】 フラーレンを製造および分離するための方法および装置

(57)【要約】

精製されたフラーレンの製造のための方法と装置が記載されており、非反応性気体を用い、不純フラーレンを蒸発帯域から熱滻過帯域に集めて運び、該滻過帯域において固体不純物は混合物から選別され得る。もし、1種またはそれ以上の凝縮されたフラーレンが該滻過帯域に入る気体流に存在するならば、そのような凝縮されたフラーレンは該滻過帯域で気化され得る、そして凝縮帯域に運ばれ、そこで1種またはそれ以上の気化されたフラーレンは回収される。1種より多い気化されたフラーレンが該滻過帯域または該凝縮帯域のいずれかに入る気体中に存在するとき、温度勾配が異なるフラーレンの精製された部分の分離および回収を可能にするために使用し得る。



特表平7-502251 (2)

凝縮および回収のために該通過手段を通過させることをさらに含む、請求の範囲第4項記載の方法。

8. 該フーラーエンから不純物を分離することによりフーラーエンの該不純混合物を精製する該工程が、1種またはそれ以上のフーラーエンを該通過手段において凝縮するような温度勾配に保たれている該通過手段に該混合物を通過させることをさらに含む、請求の範囲第4項記載の方法。

9. 各々のフーラーエンを該気体から分離しそして回収する該工程が、該気化されたフーラーエンを含む該気体を温度勾配のある凝縮帯域に通過させることをさらに含む、請求の範囲第2項記載の方法。

10. a) 第1帯域において炭素資源を蒸発させることによりすすとフーラーエンの混合物を形成し、

b) 該第1帯域に非反応性気体の熱した流れを流して該気体中で該混合物を気化および/または進行することにより該混合物を集め、

c) 該混合物中の如何なる凝縮されたフーラーエンをも気化するのに充分に高い温度に保たれている該通過手段において、該熱した気体中の進行すすから該フーラーエンを分離することにより該熱した気体中の該フーラーエンを精製し、そして

d) 次いで、該フーラーエンを該気体から凝縮によって回収する、ことからなるフーラーエンを製造する方法。

11. 温度勾配のある帯域において1種またはそれ以上のフーラーエンを凝縮させることにより、該気体から各々のフーラーエンを分離しそして回収するさらなる工程により各々のフーラーエンを生成させる、請求の範囲第10項記載の方法。

12. 該非反応性気体が、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノンおよび窒素からなる群から選ばれる、請求の範囲第11項記載の方法。

13. 該非反応性気体を、該第1帯域を通過する前に、少なくとも約500°Cの温度に予熱する請求の範囲第10項記載の方法。

14. 該通過帯域を、該非反応性気体中の如何なる凝縮したフーラーエンをも気化するように少なくとも約700°Cの温度に保つ、請求の範囲第10項記載の方法。

15. 該気体から各々のフーラーエンを分離しそして回収するさらなる工程を含む

請求の範囲

1. a) 第1帯域において1種またはそれ以上のフーラーエンを含む不純混合物を生成し、
 - b) 該第1帯域に非反応性気体を流すことにより、該第1帯域からフーラーエンの該不純混合物を集め、
 - c) 該フーラーエンから固体不純物を分離することにより、フーラーエンの該不純混合物を精製し、そして
 - d) 該凝縮帯域において該気体から該フーラーエンを回収する、ことからなるフーラーエンを製造する方法。
2. 各々のフーラーエンを該気体から分離しそして回収するさらなる工程を含む、請求の範囲第1項記載の方法。
3. 該第1帯域において1種またはそれ以上のフーラーエンを含む該不純混合物を生成する該工程が、該第1帯域において炭素を蒸発させることをさらに含む、請求の範囲第1項記載の方法。
4. 該第1帯域に気体を流すことにより該第1帯域からフーラーエンの該不純混合物を集める該工程が、該気体中でフーラーエンの該不純混合物を気化および/または進行することをさらに含む、請求の範囲第1項記載の方法。
5. 該気体を該第1帯域に導入する前に、該第1帯域において凝縮した形態の如何なるフーラーエンをも気化するのに充分な温度に予熱する、請求の範囲第4項記載の方法。
6. 該フーラーエンから不純物を分離することによりフーラーエンの該不純物を精製する該工程が、すでに気化されていない如何なるフーラーエンをも気化するのに充分に高い温度に保たれている該通過手段に該混合物を通過させ、それによって該不純混合物の非気化部分を識別することにより該混合物を精製することをさらに含む、請求の範囲第4項記載の方法。
7. 該フーラーエンから不純物を分離することによりフーラーエンの該不純混合物を精製する該工程が、1種またはそれ以上の高い分子量のフーラーエンを凝縮するのに充分に低い温度に保たれている該通過手段に該混合物を通過させ、一方1種またはそれ以上のより低い分子量の気化されたフーラーエンを後続の凝縮帯域における

、請求の範囲第10項記載の方法。

16. 該気体から各々のフーラーエンを分離しそして回収する該工程が、該気化されたフーラーエンを含む該気体を温度勾配のある凝縮器に通過させることをさらに含む、請求の範囲第15項記載の方法。
17. C₆フーラーエン以外の該気体中のすべてのフーラーエンを凝縮する温度に該通過帯域を保ち、そして次いで放C₆フーラーエンの気化温度より低い温度に保たれた凝縮帯域において凝縮することにより該気体から該C₆フーラーエンを回収することをさらに含む、請求の範囲第10項記載の方法。
18. a) 該第1帯域における該炭素資源の該蒸発を停止し、
 - b) 熱した気体を該通過帯域に流し続け、
 - c) 該通過帯域における温度を、該通過帯域における1種またはそれ以上の凝縮したフーラーエンが気化するまで上昇させ、そして
 - d) 該気化されたフーラーエンを含む該気体を該凝縮帯域に通過させることにより、該気体から該1種またはそれ以上の気化されたフーラーエンを回収する、工程により該混合物から他のフーラーエンを回収することをさらに含む、請求の範囲第17項記載の方法。
19. 該気化されたフーラーエンを含む該気体を、該気体が該凝縮帯域に達する前に、温度勾配のある該通過器に通過させて1種またはそれ以上のフーラーエンを凝縮させることにより、該気体から各々のフーラーエンを分離しそして回収する工程をさらに含む、請求の範囲第18項記載の方法。
20. 該気化されたフーラーエンを含む該気体を該凝縮帯域において温度勾配のある凝縮器に通過させることにより、該気体から各々のフーラーエンを分離しそして回収する工程をさらに含む、請求の範囲第18項記載の方法。
21. a) 第1帯域において黒鉛を蒸発させることによりすすと1種またはそれ以上のフーラーエンとの混合物を形成し、
 - b) 該第1帯域にヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノンおよび窒素からなる群から選ばれた非反応性気体の熱した流れを流して、該気体中で該混合物を気化および/または進行することにより該混合物を集め、
 - c) 該混合物中の如何なる凝縮されたフーラーエンをも気化するのに充分に高い

温度に保たれている通過帯域において、該熱した気体中の該進行すすから該1種またはそれ以上のフーラーエンを分離することにより該熱した気体中の該1種またはそれ以上のフーラーエンを精製し、そして

d) 該1種またはそれ以上の気化されたフーラーエンを含む該気体を温度勾配のある凝縮帯域に通過させることにより該気体から該1種またはそれ以上の気化されたフーラーエンを回収する、ことからなるフーラーエンを製造する方法。

22. a) 第1帯域において1種またはそれ以上のフーラーエンを含む不純混合物を生成する手段、

b) 該第1帯域に非反応性気体を流すことにより該第1帯域からフーラーエンの該不純混合物を集める手段、

c) 該フーラーエンから固体不純物を分離することによりフーラーエンの該不純混合物を精製する手段および

d) 該気体から該フーラーエンを回収する手段、

からなる、フーラーエンを生成および回収するための装置。

23. 第1帯域において1種またはそれ以上のフーラーエンを含む不純混合物を生成する該手段が、蒸発室において離隔された炭素資源よりなる請求の範囲第22項記載の装置。

24. 該第1帯域からフーラーエンの該不純混合物を集める該手段が、該蒸発室に該非反応性気体が流れるようにして該蒸発室に連結された非反応性気体源をさらに含む、請求の範囲第23項記載の装置。

25. 該フーラーエンから固体不純物を分離することによりフーラーエンの該不純混合物を精製する手段が、熱通過手段をさらに含む、請求の範囲第24項記載の装置。

26. 該熱通過手段が、該通過手段において温度勾配を保つための手段をさらに含む、請求の範囲第25項記載の装置。

27. 該蒸発室が熱導管手段により該熱通過手段に連結されている、請求の範囲第25項記載の装置。

28. 該気体から該フーラーエンを回収する手段が凝縮器手段をさらに含む、請求

フラー^レンを製造および分離するための方法および装置

の範囲第22項記載の装置。

29. 該凝縮器手段が、該凝縮器手段において温度勾配を保つための手段をさらにも含む、請求の範囲第28項記載の装置。

30. 該通過手段が熱導管手段により、該気体から該フラー^レンを回収するための凝縮器手段と連絡されている、請求の範囲第25項記載の装置。

発明の分野

本発明は、フラー^レンを形成、回収、および分離するための方法および装置に関するものである。

さらに詳細には、本発明は不純フラー^レンの混合物を作り、この混合物を非反応性気体によって熱通過帯域（加熱された通過帯域）に運び、気化したフラー^レンから固体の不純物を離過して除き、蒸気相の該フラー^レンを熱分離し、次いでこのフラー^レンを凝縮し、そして回収する方法および装置に関するものである。

関連技術の記載

フラー^レン構造の形成は、蒸発室において黒鉛電極の蒸発からすの形成によることが報告されている。すなは蒸発室の壁からかき集められ、そしてすなは生成されたフラー^レンは、ベンゼンまたはトルエンのような溶剤にフラー^レンを溶解しそして次いで、この溶液を未溶解すから分離することにより、すなはの残存炭素形態から分離される。溶剤はそれからフラー^レンを回収するために蒸発される。

そのようなフラー^レン形成および回収方法は、例えばクラトシマー等 (Kratschmer et al.) によって、「固体C₆₀：炭素の新しい形態」 ("Solid C₆₀: A New Form of Carbon") ネーチャー (Nature), 247巻, 354~357頁, 1990年9月27日発行、において；およびY. K. ベエ等 (Y. K. Bae et al.) によって、「炭素クラスターの生成、特性決定および蒸着」 (Production, Characterization, and Deposition of Carbon Clusters), クラスターおよびクラスター結合物質についてのシンポジウム、バックミンスター^フラー^レン (Buckminsterfullerenes) についての特別会議、ボストン、MA 1990年11月29日、のために作成され、MRS協会の1990年会合の会報において発行、にお

いて記載されている。

前記したような方法による形成および回収の後、そのようなフラー^レンは、所望するなら、次いで相互に分離され即ち精製されて各フラー^レンが個々に使用し得る。通常そのような分離は、カラムクロマトグラフィー処理操作を用いて行われる。

しかしながら、そのような技術は実験的の目的のための少量のフラー^レンの製造のためには満足するものであるけれども、それらが例えば超伝導物質、フラー^レンを基材とした化学物質、ポリマー等におけるような商業的目的に利用し得るよう大量のフラー^レンが確実に製造できる方法の必要が残っている。

発明の要約

従って、本発明の目的は、フラー^レンを生成し、集め、精製しそして回収するための方法および装置を提供することである。

本発明の他の目的は、個々のフラー^レンを生成し、集め、精製しそして分離および回収するための方法および装置を提供することである。

本発明の他の目的は、さらに黒鉛の蒸発によってフラー^レンの不純混合物を生成し、この混合物を非反応性気体の熱せられた流れの中に集め、この気体中の進行固体からフラー^レンを分離することによりフラー^レンを精製し、次いで凝縮によって該気体からフラー^レンを回収するための方法および装置を提供することである。

本発明のさらなる目的は、黒鉛の蒸発によってフラー^レンの不純混合物を生成し、この混合物を非反応性気体の熱せられた流れの中に集め、この気体中の進行固体からフラー^レンを該気体中の1種またはそれ以上の凝縮されたフラー^レンを気化する能力もある熱通過手段において分離することにより熱せられた気体中のフラー^レンを精製し、そして次いで凝縮帯域において該気体から個々のフラー^レンを分離および回収するための方法および装置を提供することである。

本発明のこれらのおよび他の目的は、以下の記載および添付図面から明らかであろう。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の方法を説明する工程図である。

図2は、本発明の実施に用いられる装置の垂直断面図である。

図3は、温度等級凝縮帯域におけるC₆₀フラー^レンおよびC₇₀フラー^レンの分離を示すグラフである。

発明の詳細な記載

本発明の方法および装置は精製されたフラー^レンの製造を提供し、即ち非反応性気体を用いて不純フラー^レンを蒸発帯域から集めそして熱通過帯域まで運び、しかして該熱通過帯域において固体不純物がその混合物から離別され得、また気体流中の1種またはそれ以上の凝縮したフラー^レンは気化され得、そして凝縮帯域に運ばれ得、しかして凝縮帯域において凝縮されたフラー^レンが回収され得る。1種より多い気化されたフラー^レンが通過帯域または凝縮帯域のいずれかに入る気体の中に存在するときは、異なるフラー^レンの精製される部分の分離および回収を可能にするように温度勾配が用いられる。

ここで図2を参照すると、本発明の方法の実施において用いられる本発明の装置は、一般に蒸発手段10、通過手段40および凝縮および回収手段70からなることが示される。

蒸発手段10は、2つの離隔しつつ向向した黒鉛電極20および22を含む蒸発室12よりなり、しかして黒鉛電極20および22は約1ミリメートル(mm)ないし約10mm離れた距離即ち間隙にて保持され得る。電極20および22は蒸発の間電極20および22の温度を制御するために室12の外部のそれぞれの電極を囲む外部水冷却手段24によって冷却され得る。

電極送り手段26が、黒鉛電極20および22をこれらの律20および22の消費速度にはば等しい速度で互に内に向かってゆっくり動かし即ち送つてこれらの律間の間隙を保つように各々の電極に連結して設けられ得る。律を交換するための運転の中止を避けるために、新しい律が黒鉛律20および22の外端に、例えばアルミニウム製造のための還元反応において用いられる炭素電極の補充のためのアルミニウム溶融技術における周知の技術を用いてつながれ得る。

典型的な配置においては、約12"の長さで1/4"の直徑の炭素律が、約1mm~約5mmの間隙を与えるように室12中で離隔されており、そして高電流の20~30ガルト電源23を用いて該間隙を接つてAC(交流)またはDC

特表平7-502251 (4)

団であるべきである。

逆行固体粒子を含む気体混合物および気化されたフラーインは、出口18を通じて熱導管30の中に室12から運び出される。熱導管30は、内管32、(この内管を通じて熱せられた気体は通過手段40に流入する)、管32の外側と熱接觸しているヒーターコイル34、および外方熱遮蔽体36よりなる。内管32は、室12の容積に依り約2cm～約5cmの範囲にあり得る内径を有する。

熱導管30の目的は、気化されたフラーインおよび逆行された固体を含む気体が管32の内面上でのフラーイン蒸気の如何なる早期凝縮なしに通過手段40に送られる通路を提供することである。

導管30の内管32は、石英のような如何なる非反応性物質または導管30を通して流れる熱せられた気体と非反応性である如何なる金属でも構成され得る。好ましくは、管32はステンレス鋼で構成される。

ヒーターコイル34は、抵抗加熱ヒーターまたは熱した液体が流れる管状コイルからなり得る。ヒーターコイル34は、気化されたフラーインが管32の内面上でのような早期凝縮するのを防ぐために、内管32の壁を少なくとも約70°C、そして好ましくは約750°C～約1000°Cの範囲内の温度に保持できるべきである。

熱遮蔽体36は管32から輻射される熱を適切に反射し、そしてそれにより管32内の温度を保持するために要する電力が減る如何なる物質によっても形成され得る。好ましくは、熱遮蔽体36はステンレス鋼で構成される。所望するなら、断熱材(図示されていない)を、さらに熱を保存するために、熱遮蔽体36と内管32との間の空間に置くことができる。適当な非反応性(例えばステンレス鋼)管を有する管炉を、装置のこの部分に用いることができる。

すなほう逆行固体不純物および気化されたフラーインを含む熱せられた気体は熱導管30を通じて通過手段40に送られ、該通過手段は固体からなってもよい大きな熱遮蔽42からなりそして上部入口44を有し、熱せられた気体は該入口を通じて遮蔽42に送られる。遮蔽42は多数のフィルター手段が備えられており、示された具体例において、該フィルター手段は円形の盤即ち板48として示されており、気体は該フィルター手段を通過し、一方すのうな

(直流)のアークが放電されて約50～約200アンペアの電流が該間隙を横切って流れ、黒鉛電極を気化即ち蒸発させる。このように操作されると、各々の電極の耐久期間は通常約60分～約90分延長される。

蒸発室12は、室12を通じて流れる気体流中において発生されおよび逆行され(entrained)／気化される物質と非反応性である如何なる物質でも構成され得る。好ましくは、室12はステンレス鋼で構成される。

蒸発室12には、気体入口14が設けられており、外部気体源16からの非反応性気体が入口14を通じて室12に入り、黒鉛電極20および22が蒸発するにつれて生成されるすとフラーインの炭素質混合物を室12から除去される。

フラーインの不純混合物を室12から運び去るために用いられる非反応性気体は、室12で発生される不純なフラーイン混合物中に含まれる物質のいずれに対しても非反応性である如何なる気体からなっていてもよい。これは、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノンのような不活性気体および窒素のような他の非反応性気体を含む。ヘリウムおよびアルゴンのような不活性気体がこの目的には好ましい。

室12に入る非反応性気体は、室12で電極20および22の間で生じるアークによって発生される熱によってもっぱら熱せられ得る。しかしながら、好ましくは、フラーインが形成されつつある室12で起こっている炭素の蒸発および結合反応によって生成されつつある如何なるフラーインをも蒸発即ち気化するために、室12に入る前に、該気体は加熱器17において少なくとも500°Cの温度まで、そして好ましくは約500°C～約1200°Cの範囲内に予熱される。即ち、予熱された気体は新たに形成しつつあるフラーインをアニール(anneal)するために並びに該組合せの形成部位として作用し得るすとのような固体不純物の上で凝縮したであろうフラーイン(比較的の高分子量フラーインのような)を気化するために用いられる。

室12を通過する気体の流れの量は、少なくとも部分的に室12の容積に依る。例えば、1リットルの蒸発室に対しては、室12を通過する気体流は約1scm～約100scm (scm=1分あたり標準立方センチメートル) の範

固体不純物は該フィルターの表面に捕捉される。通過された気体はそれから遮蔽42の底部の出口46を通じて凝縮帯域70に流れる。

フィルター盤48はこのフィルターを通過する気体混合物中のフラーインと非反応性である如何なる多孔質の物質からなり得る。フィルター盤48は、約1ミクロンより大きい平均直徑を有する如何なる固体もフィルター盤48によって捕捉即ち識別されることを可能にするために約0.2ミクロン～約1.0ミクロン範囲の平均孔寸法を有すべきである。

図2において示されているように、多数のフィルター盤48が用いられるときは、例えば粗フィルター、次いで中間フィルターそしてそれから数フィルターを与えるようにフィルターの気孔寸法を類別することが望ましい。そのような例においては、粗フィルターの多孔度(porosity)は約10ミクロン～約20ミクロンの範囲であってもよく、中間フィルターの多孔度は約1ミクロン～約2ミクロンの範囲であるべきで、そして数フィルターの多孔度は約0.2ミクロン～約0.5ミクロンの範囲であるべきである。

本明によれば、遮蔽手段40は遮蔽42の側面の外側のまわりおよび図2で示されているように、好ましくは遮蔽42の上部の外側のまわりもまた加熱コイル50の設置によって高温に保持される。この点について、導管30を通じて遮蔽手段40に入る気体流中のフラーインの早期凝縮を防ぐために、内管32およびその上のヒーターコイル34の一部は短い距離遮蔽42中に延伸していることにさらに留意されるであろう。

一つの態様では、加熱コイル50はすでに気体状態では存在していないかも知れない如何なるフラーインをも気化するのに充分な熱を遮蔽42に供給し、その結果すとのような固体不純物のみがフィルター盤48によって捕捉および除去される。この態様で遮蔽手段40が操作されるとき、加熱コイル50は遮蔽42を約700°C～約1000°Cの範囲の温度に保持する。

別の態様では、特定のフラーインまたはフラーインの群のみを生成することが望まれるととき、温度は望まれるフラーインまたはフラーイン群より高い分子量を有するすべてのフラーインを凝縮させるように設定され得る。このようにして、遮蔽手段40は回収すべきフラーインまたはフラーイン群より低い蒸気圧を有す

るフラーインに関して最終生成物を部分的に精製する。次いで、気化されたフラーインまたはフラーイン群のみがフィルター盤48を通過して凝縮帯域70に行く。したがって、例えばC₆₀フラーインのみの回収を望むならば、遮蔽手段40における温度は、すべての他の(高分子量)フラーインが凝縮して遮蔽手段40において捕捉されるように約425°C～約475°Cに保たれる。

この態様で操作されると、最低分子量のフラーインのみが蒸気状態にとどまるように充分低い温度で遮蔽手段40を最初に操作し、次いで凝縮帯域でこのフラーインを集めそして回収したのち、電極間のアークを遮断する一方気体流を維持することにより買った分子量のフラーインを集めることもまた可能である。次いで、遮蔽手段40における温度がその次に高い分子量のフラーインを気化するのに充分に上昇されるならば、そのフラーインもまた凝縮帯域において凝縮されそして回収され得る。この処理操作は、さらに遮蔽手段40において当初に凝縮されたフラーインのすべてが別個に回収されるまで繰り返すことができ、その後生成が再開され得る。

さらに別の態様では、加熱コイル50は遮蔽42における温度勾配を確立するように用いることができ、例えば遮蔽42の上部は700°Cに保たれ、底部は500°Cに保たれそして中間部は約600°Cに保たれて遮蔽42の壁に沿って温度勾配が確立され、しかして例えばC₆₀フラーインが遮蔽42の上部付近の遮蔽42の壁上で凝縮し、一方C₆₀フラーインは遮蔽42の底部付近の遮蔽42の壁上で凝縮する。

前記の態様のいずれにおいても、通過された気体および凝縮されなかったフラーインは出口46を経て遮蔽手段40を去り、次いで管60を経て凝縮帯域70に入る。管60は好ましくはまた、図2に示されているように、そこでの早期凝縮を防ぐために、少なくとも管60の上部にヒーターコイル62を備えることによって加熱される。

凝縮帯域70は管状凝縮管72からなり、管60が凝縮器72の長さの約半分ないし3分の2凝縮器72の中に延びている。従って、所望するなら、ヒーターコイル62は、管60内での凝縮をさらに防ぐために、凝縮器72内の管60の部分の周囲にもさらに延びて存在される。

特表平7-502251 (5)

凝縮器72の外面と接触している冷却コイル74は流入してくる気体を冷却して、該気体中に残存しているフラーインまたはフラーイン群を気化する。図2に示されているように、冷却コイル74は凝縮器72の上部、側部および底部の外面の周囲に括在し得る。冷却コイル74は凝縮器72の温度を約30°C~約100°Cの範囲内に保つ。

図2に示されているように、フィルター盤78が、凝縮器72においてフィルター盤78を通って出口76に流れ来る気体が如何なる凝縮されたフラーインをも含まないように管60の端部に隣接して置かれ得る。出口76を通って凝縮器72を去る気体は次いでポンプ80中に進み、該ポンプから該ガスは大気中に次いでガス抜きされるかまたは図2に点線で示されている管82を通って熱気体原16に有利に再循環して戻されるかのいずれでもよい。

凝縮器72はまた、フィルター盤78より下の凝縮器72の部分を延長しそして凝縮器の壁のこの部分に沿って例えばフィルター盤78のすぐ下の100°Cから凝縮器72の底部付近の-50°Cにわたる温度勾配を設定することにより、凝縮器72における温度勾配でもって操作され得る。

本発明の方法および装置の連続操作を行うために一つより多い凝縮器72が並列して設けられ得、しかして各々が管60のような管を経て通過手段40に連結されるが遮断弁を備えその結果一つの凝縮器はオフライン(運転停止)にされそこでそこから生成物が除去され得る一方他の凝縮器は運転状態のままになる。

さらに本発明の方法および装置を説明するために、C₆₀およびC₆₂、フラーインが生成、収集、精製、凝縮および回収された。即ち、20リットル蒸発室において2つの直徑1/4"の黒船電極の間の1mmの間隙でアーケを生じせしめる一方、10sec/mヘリウム気体を該室に流してC₆₀およびC₆₂、フラーインを含むすを該室から運び出させて1ミクロンフィルターの上に沈着させた。凝縮されたフラーインを含むすが該フィルターから取り出されそしてガラスラツシヒリングを満たした石英管の第1の端に置かれ、しかしてこの第1の端は約700°Cの温度に保たれていた。この端における約700°Cから該管の他端付近の約450°Cにわたる温度勾配が維持された。

すす中のフラーインは該石英管の中で気化されそして熱いヘリウム気体のゆっ

くりした流れによって該管の冷たい方の端に運ばれ、そこでフラーインは該管の壁上で凝縮した。該管の低い温度の端において凝縮されそして集められたフラーインの検査は、実質的に純粋なC₆₀が回収されたことを示した。図3のグラフは該管における温度勾配に沿った凝縮されたフラーインの組成を示す。C₆₀およびC₆₂、フラーインの混合物がより高い温度に保たれた該管の壁上に凝縮しそして集まり、一方より低い温度に保たれた該管のより下方の部分付近で凝縮したフラーインは実質的にC₆₂、フラーインのみからなっていたことに気付くであろう。

従って、本発明はフラーインの不純混合物が黒船の蒸発によって生成され、気体中に集められ、通過により固体を除去して精製され、そして気化されたフラーインはそれから気体から凝縮されそして回収される方法および装置を提供する。異なる分子量のフラーインを別々に回収しようと望むときは、異なるフラーインの精製された部分の分離および回収を可能にするように温度勾配が用いられる。

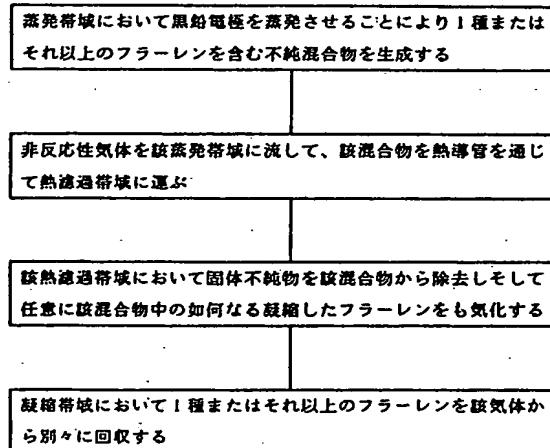
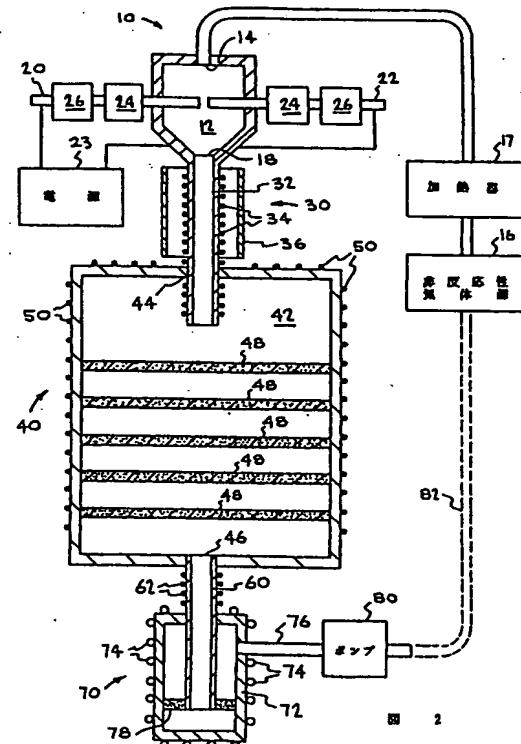


図 1



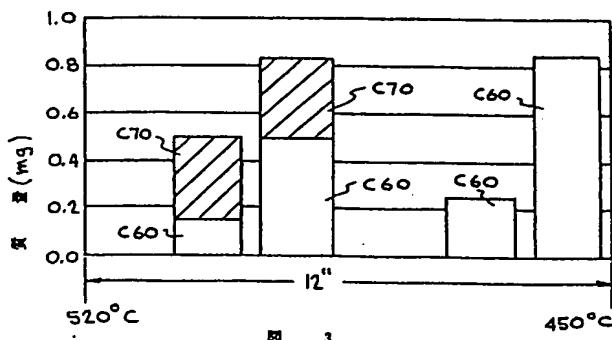


图 3

国際調査報告		International application No. PCT/US 92/10893
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
IPC5: C01B 31/02 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classifications and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Previous documents searched (classification scheme followed by classification symbols)		
IPC5: C01B		
Documents searched other than previous documents to the extent that such documents are included in the field searched		
Searches done have resulted during the International search (prior to date here and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Character of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Reference to date No.
X	MATERIALS RESEARCH SOCIETY SYMPOSIUM PROCEEDINGS, Volume 205, November 1992 (Pittsburgh), Robert S. Averback et al, "Production, characterization and deposition of carbon clusters", page 733 - page 741, see esp. 734	1-4,22-24
X,P	WO, AI, 9220622 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 25 November 1992 (26.11.92), page 8, line 25; page 4, line 6 - line 10	1-4,22-24
X,P	WO, AI, 9204279 (RESEARCH CORPORATION TECHNOLOGIES, INC.), 19 March 1992 (19.03.92), page 4, line 1 - page 5, line 12	1-4,22-24
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family entries.
* Second example of cited document -A- Document including the present one of the art which is not considered to be of particular relevance for the claimed invention but which is cited for other reasons -B- Document which is not published on or after the International filing date but which is cited for other reasons than for the present one of the art -C- Document which may form the basis for priority of a later application for an invention or which is cited for other reasons than for the present one of the art -D- Document relating to an oral disclosure, an exhibition or other communication prior to the International filing date but later than the present one of the art -E- Document published prior to the International filing date but later than the present one of the art -F- Document consisting of the same patent family		
Date of the actual completion of the International search		Date of mailing of this International search report
11 March 1993		02.04.93
Name and address of the ISA/Regional Patent Office, P.O. 2610, P.O. Box 2610, 3300 AH Leiden, T: 010 431 0000, Fax: (+31 10) 430 2524		Authorized officer Britt-Marie Lundell
Form PCT/ISA/216 (patent family entries) (July 1992)		

SA 754			
International application No. PCT/US 92/10893			
Patent documents cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A1- 9220622	26/11/92	None	
WO-A1- 9204279	19/03/92	AU-A- 8728291 EP-A- 0500914	30/03/92 02/05/92

Form PCT/ISA/216 (patent family entries) (July 1992)